گل و گیاهان زینتی (۱٤۰۳)، ۹(۲): ۲۲۱–۲٤۰

مقاله پژوهشی

اثرهای ترکیب بستر کشت و منبع فسفر بر شاخص‌های نورساختی، زمان گلدهی و تولید پداژه فریزیا (*Freesia refracta* Klatt)

سمیرا حق‌نگهدار[۱]، علی پورخالوئی*[۱]، حمیدرضا کریمی[۱]، محمدحسین عظیمی[۲]

۱. گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان، رفسنجان

۲. گروه ژنتیک و به‌نژادی، پژوهشکده گل و گیاهان زینتی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، محلات

alipourkhaloee@vru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۷/۲۲، تاریخ بازنگری: ۱٤۰۳/۸/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۸/۱۹

چکیده

در پژوهش حاضر، پداژه‌های یک نژادگان بومی فریزیای دوگان (با کد OPRC434) در بسترهای شن (٪۱۰۰)، شن (٪۵۰) + پیت‌ماس (٪۵۰)، پیت‌ماس (٪۸۰) + پرلایت (٪۲۰)، پیت‌ماس (٪٦۰) + پرلایت (٪٤۰) و پیت‌ماس (٪٤۰) + پرلایت (٪٦۰) کشت شدند و پس از جوانه‌زدن، مونوپتاسیم‌فسفات (۱۵۰ یا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) یا مونوآمونیوم‌فسفات (۱۳۲ یا ۲٦٤ میلی‌گرم در لیتر) را دریافت نمودند. گیاهان درون بستر کشت پیت‌ماس (٪٤۰) + پرلایت (٪٦۰) که با ۱۳۲ میلی‌گرم در لیتر مونوآمونیوم‌فسفات تغذیه شدند، با یک افزایش به تقریب دو برابری، بالاترین میانگین هدایت روزنه‌ای (۰/۰۷۱ مایکرومول آب بر متر مربع در ثانیه) را نشان دادند. نرخ نورساخت میان نسبت‌های ترکیبی پیت‌ماس + پرلایت، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. در بستر کشت پیت‌ماس (٪٤۰) + پرلایت (٪٦۰) و با کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر مونوپتاسیم فسفات، کوتاه‌ترین شمار روز از کاشت تا گلدهی پداژه (۸۷/۷۵ روز) به دست آمد. همه گیاهانی که در بستر کشت پیت‌ماس (٪٦۰) + پرلایت (٪٤۰) کشت شدند، موفق به تولید گل شدند که به تقریب دو برابر درصد گلدهی گیاهانی بود که در بستر شن (٪۱۰۰) قرار داشتند. بیشینه وزن پداژه دختری (۷/٤۵ گرم) در بستر پیت‌ماس (٪٦۰) + پرلایت (٪٤۰) به دست آمد که به تقریب ۲/۵ برابر میانگین وزن پداژه‌های دختری تولیدشده در بستر شن (٪۱۰۰) بود. سنگین‌ترین پداژک‌ها (۲/۹۲ گرم) در بستر پیت‌ماس (٪٤۰) + پرلایت (٪٦۰) به دست آمدند که به تقریب ۲ برابر سنگین‌تر از پداژک‌های تولیدشده در بستر شن تنها (۱/٤۲ گرم) بودند. در مجموع، برترین بستر و منبع/غلظت فسفر از دید گلدهی و عملکرد پداژه، بستر پیت‌ماس (٪٦۰) + پرلایت (٪٤۰) و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر مونوپتاسیم فسفات بود. البته، با توجه به قیمت گل بریدنی فریزیای دوگان در ایران، آبکشتی آن در سطح تجاری، به ارزیابی‌های اقتصادی نیاز دارد. به هر حال، نتایج بررسی حاضر، برای پرورش این نژادگان فریزیا در پژوهش‌های علمی یا باغبانی خانگی، کاربردی خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تعرق، نورساخت، مونوآمونیوم‌فسفات، مونوپتاسیم‌فسفات، هدایت روزنه‌ای.

مقدمه

فریزیا[۱] یکی از گیاهان زینتی سوخوار تیـره زنبق‌سانان[۲] و یکی از گل‌های بریدنی و گلدانی مهم با عطر بسیار دلپذیر می‌باشد. محبوبیت فریزیا در بازارهای گل دنیا رو به افزیش است (Ahmad *et al.*, 2019) و براساس آمار جهانی در میان ۱۰ گل بریدنی محبوب در دنیا قرار می‌گیرد (FloraHolland, 2018). همچنین، فریزیا یکی از گل‌های بریدنی محبوب در ایران است که در پایان فصل زمستان و با آغاز سال جدید، در بازار ایران یافت می‌شود (Azimi, 2023).

تعیین بستر کشت مناسب، نخستین و از مهم‌ترین نیازهای پرورشی برای تولید موفق گیاهان زینتی است. استفاده از ترکیب‌های معدنی و آلی به عنوان بستر کشت، تاثیر زیادی بر افزایش عملکرد و تولید گیاهان زینتی بازارپسند دارد (Khalaj *et al.*, 2023). تولید گلخانه‌ای محصول‌های باغبانی مانند سبزی‌ها و گیاهان زینتی در بسترهای کشت بی‌خاک از دهه ۱۹٦۰ در برنامه کار تولیدکنندگان قرار گرفته است. در این سیستم، می‌توان در کوتاه‌ترین زمان به بیشترین عملکرد با کیفیت بالا دست یافت (Wilson *et al.*, 2003). در هلند، ۱۰۰۰ هکتار زمین برای کشت خاکی گل‌های بریدنی مانند داودی، لیزیانتوس، لیلیوم و فریزیا وجود دارد که به تقریب ٤۰ تا ۸۰ بوته در مترمربع کشت می‌شود (Van Os *et al.*, 2019). در دهه گذشته، آزمایش‌های کمی برای کشت بی‌خاک گیاهان فریزیا در شن به عنوان یک بستر کشت صورت پذیرفته است. در پژوهشی، گزارش شد که در بستر شن، تولید گل فریزیا بهبود یافت، اما کیفیت پداژه دختری برای استفاده مجدد در کشت‌های جدید کافی نبود (Blok & Kromwijk, 2014). این پژوهشگران، ۱۰ بستر کشت را برای پرورش گیاهان فریزیا مقایسه نموده و نتیجه گرفتند که الیاف نارگیل درشت یا پیت درشت منجر به رشد بهتری شد که به احتمال به تهویه بهتر برمی‌گردد. در ایران، فریزیا بیشتر به صورت خاکی و درون گلخانه در فصل پاییز و زمستان پرورش می‌یابد. هرچند خاک یک بستر کشت مناسب با ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و ویژگی تامپونی می‌باشد، اما از بزرگ‌ترین مشکلات آن می‌توان به سنگین بودن و افزایش هزینه کارگری و حمل و نقل، حضور بیماری‌های گیاهی و کیفیت بسیار متفاوت خاک‌ها اشاره نمود (Dole & Wilkins, 2005). فریزیا نیز از جمله گیاهانی می‌باشد که به بیماری‌های خاکزاد از جمله قارچ فوزاریوم حساس می‌باشد و در کشت‌های خاکی دچار مشکل پوسیدگی می‌شود (Abdul-Jabbar *et al.*, 2025). از این رو، استفاده از بسترهای بی‌خاک برای کشت گیاهان فریزیا می‌تواند مورد توجه باشد. ضرورت جایگزینی خاک با بسترهای بی‌خاک در گیاهان دیگر نیز گزارش شده است. برای نمونه، در کشور کره برای تولید سوخ‌های مناسب لیلوم بریدنی، از سوخک‌های کوچک کشت بافتی یا حاصل از فلس‌برداری استفاده می‌شود. گزارش شده است که رشد این سوخک‌های کوچک اولیه در خاک اغلب موفق نیست و پرورش آن‌ها را با شکست مواجه می‌سازد. از این رو، از پوسته برنج، کوکوپیت و ورمیکولایت برای درشت شدن این افزونه‌های کوچک اولیه استفاده می‌شود (Lee *et al.*, 2008).

پیت از تجزیه ناکامل گیاهان آبزی، مردابی و باتلاقی به دست می‌آید. پیت‌های مختلف بسته به منشا گیاهی، وضعیت تجزیه، میزان عناصر و درجه اسیدی بودن بسیار متفاوت می‌باشند. پیت‌ماس یکی از انواع پیت با درجه پوسیدگی کم می‌باشد که از خزه‌های مختلفی مانند برخی گونه‌های جنس اسفاگنوم به دست می‌آید (Resh, 2013). پیت یک منبع محدود با تقاضای بالاست که استخراج آن از زمین‌های باتلاقی اثرهای منفی بر محیط زیست دارد. برای نمونه، با خشک شدن یا برداشت از منابع طبیعی پیت، تثبیت کربن هوا توسط گیاهان این سرزمین‌ها حذف شده و به دنبال آن، احتمال انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش می‌یابد.

۱- *Freesia* spp.   ۲- Iridaceae

همچنین، خطر بروز سیلاب افزایش یافته و یا گوناگونی زیستی موجود در زمین‌های باتلاقی منبع پیت کاهش می‌یابد (Gruda, 2019). در نتیجه، معرفی جایگزین‌هایی برای پیت می‌تواند از دید زیست‌محیطی ارزشمند باشد، اما با توجه به اثرات چشمگیر آن در بهبود رشد گیاهان باغبانی شاید این جایگزینی در عمل در کوتاه مدت آسان نباشد. به هر حال، کاهش سهم نسبی آن در بستر کشت نیز می‌تواند تا حد زیادی چه از دید اقتصادی و چه از دید زیست‌محیطی ارزشمند باشد. در صنعت گیاهان زینتی از پیت‌ماس برای تولید نشا، پرورش گیاهان گلدانی، تولید گل‌های بریدنی و وادارسازی[۱] سوخ‌ها یا حفاظت آن‌ها در زمان حمل و نقل استفاده می‌شود. برای نمونه، سوخ‌های سوسن برای به کمینه رساندن آسیب‌های فیزیکی یا خشک شدن در زمان حمل و نقل، درون پیت‌ماس مرطوب بسته‌بندی می‌شوند (Legnani, *et al.*, 2003).

فسفر عنصر غذایی ضروری برای شماری از فرایندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی شامل متابولیسم انرژی، تقسیم یاخته، ساخت DNA و زیست‌ساخت فسفولیپید می‌باشد که در اصل به فرم فسفات یا استرهای فسفات است (Isidra-Arellano *et al.*, 2021). کمبود فسفر بر رشد رویشی و زایشی و همچنین نمو ریشه تاثیر منفی گذاشته و در نهایت عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (Lopez *et al.*, 2023). گزارش‌هایی از اثر مثبت فسفر بر عملکرد و درشت شدن اندام‌های زیرزمینی به ویژه در گیاهان خوراکی مهم مانند سیب‌زمینی و زعفران وجود دارد (Vianii & Caldiz, 2021). در گیاه زعفران، فسفر با کمک به تولید مواد آلی در برگ‌ها و سپس انتقال آن‌ها به پداژه‌ها به رشد اندام زیرزمینی کمک می‌نماید (Hourani, 2023). گزارش شده است که فسفر نقش مهمی در تشکیل پداژه‌های دختری زعفران دارد (Koocheki *et al.*, 2014). کاربرد مقادیر بالای فسفر در دو رقم شیپوری گلدانی منجر به افزایش زیست‌توده ژوخه شد که این افزایش وابسته به رقم بود (Scagel & Schreiner, 2006). در پژوهشی مشخص شد که کاربرد غلظت ۱ میلی‌مولار فسفر نسبت به غلظت‌های نیم و ۰/۷۵ میلی‌مولار، منجر به افزایش اندازه و درشت‌تر شدن سوخ‌های سوسن شد (Lee *et al.*, 2008).

گل‌های بریدنی فریزیا در ایران اغلب با کشت پداژه در بسترهای خاکی تولید می‌شوند. کشت خاکی در کنار کاهش عملکرد و کیفیت گل و پداژه تولیدی، منجر به شیوع بیماری‌های گیاهی نیز می‌شود. بر اساس مرور منابع، اطلاعات کمی از بررسی رشد و نمو گیاهان فریزیا در انواع بسترهای بی‌خاک وجود دارد. از سوی دیگر، اطلاعات زیادی در زمینه گلدهی و به ویژه تولید پداژه این گونه از فریزیا با کاربرد عناصر غذایی مهمی همچون فسفر وجود ندارد. از این رو، پژوهش حاضر با هدف مقایسه گلدهی و عملکرد پداژه گیاهان فریزیا در نسبت‌های مختلف پیت‌ماس و پرلایت و بررسی پاسخ آن‌ها به تغذیه با غلظت‌های متفاوت از دو منبع کودی مهم فسفر در شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در گلخانه‌ای به مساحت تقریبی ۵۰ متر مربع، ارتفاع راس ٤ متر، جهت شرقی - غربی و پوشش پلاستیک در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان انجام شد. برای گرمایش گلخانه از سیستم هوای گرم (بخاری)، برای سرمایش از کولر آبی و برای تهویه از فن‌های مکنده استفاده شد. رطوبت نسبی با آبپاشی دستی در محدوده ٤۰ تا ۵۰٪ حفظ شد.

۱- Forcing

سیستم‌های گلخانه به گونه‌ای تنظیم شدند که دمای روز در محدوده ۱±۲۴ و دمای شب در محدوده ۲±۱۵ درجه سلسیوس تامین شود. شدت نور طبیعی (خورشید) وارد شده به گلخانه در حدود ۱۰۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ لوکس بود.

برای تهیه ماده گیاهی، پداژه‌های یک نژادگان بومی فریزیای دوگان[۱] با کد OPRC434 از واحد بانک ژن گیاهی پژوهشکده گل و گیاهان زینتی محلات تهیه گردید. این نژادگان، بیشتر به صورت یک گل بریدنی و در گلخانه‌های ایران در سامانه کشت خاکی پرورش داده می‌شود. برای حذف آلودگی‌های سطحی، پداژه‌ها پیش از کاشت با قارچکش مانکوزب (۱/۵ در هزار) گندزدایی شدند و در پایان پداژه‌های ۲ تا ٤ گرمی در ابتدای آذرماه کشت شدند. آمیخته‌های غیرخاکی براساس تیمارهای آزمایشی تهیه گردیدند و درون گلدان‌های پلاستیکی (پاکت پلاستیکی نرم با ابعاد ۲۵ × ۱۰ سانتی‌متر) قرار گرفتند. پداژه‌ها در ژرفای ۳ سانتی‌متری بستر کشت قرار گرفتند. گلدان‌های پلاستیکی برای نظم بهتر، درون سبدهای پلاستیکی محکم و روی میزهای فلزی با ارتفاع تقریبی ۹۰ سانتی‌متر از سطح زمین جای گرفتند (شکل ۱). گیاهان با محلول غذایی هوگلند (Hoagland & Arnon, 1950) و هوگلند تغییریافته (براساس منبع و غلظت فسفر، فرمول کودی تغییر یافت) به روش دستی کودآبیاری شدند. آبشویی بسترهای کشت به صورت دوره‌ای و با آب خام انجام شد. تیمارهای کودی در مرحله ۲ برگی آغاز شدند. گیاهان از نظر حمله آفات پایش شدند و در صورت نیاز، مبارزه صورت می‌گرفت. گیاهان در ۲۳ بهمن‌ماه به گل رفتند که گلدهی تا انتهای اسفند ادامه داشت. در انتهای فروردین بوته‌ها برداشت و آزمایش به پایان رسید. شاخص‌های نورساختی پس از اینکه رشد برگ‌ها کامل شد و پیش از ظهور غنچه گل سنجیده شدند. صفات زایشی در مرحله گلدهی (بهمن تا اسفند) سنجیده شدند. صفات مربوط به تولید پداژه و پداژک، پس از برداشت بوته، در انتهای فروردین‌ماه ارزیابی شدند.

تیمارهای آزمایشی از ترکیب دو فاکتور بستر کشت و تغذیه با فسفر تشکیل شدند. فاکتور اول در ٥ سطح و شامل درصدهای حجمی مختلف از بستر کشت به صورت پیت‌ماس (۸۰) + پرلایت (۲۰)، پیت‌ماس (٦۰) + پرلایت (٤۰)، پیت‌ماس (٤۰) + پرلایت (٦۰)، پیت‌ماس (٥۰) + شن (٥۰) و شن (۱۰۰) بود. منظور از شن همان ماسه بادی می‌باشد. فاکتور دوم، غلظت‌های مختلف فسفر از دو منبع مهم و به صورت مونوپتاسیم‌فسفات (۱٥۰ میلی‌گرم در لیتر - غلظت پایه در محلول هوگلند)، مونوپتاسیم‌فسفات (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، مونوآمونیوم‌فسفات (۱۳۲ میلی‌گرم در لیتر) و مونوآمونیوم‌فسفات (۲٦٤ میلی‌گرم در لیتر) بود. از این‌رو، فرمول اول، همان هوگلند تغییرنیافته و فرمول دوم، هوگلند با دو برابر غلظت مونوپتاسیم‌فسفات بود. در فرمول‌های سوم و چهارم، به طور کلی، مونوپتاسیم‌فسفات با غلظت‌های بیان‌شده از مونوآمونیوم‌فسفات جایگزین شد.

شاخص‌های نورساختی شامل میزان نورساخت در واحد سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، تعرق و غلظت دی‌اکسیدکربن درون روزنه‌ای با استفاده از دستگاه IRGA مدل LCA4 ساخت کمپانی ADC کشور انگلستان خوانده شدند. کارایی مصرف آب آنی (نورساختی) با تقسیم میزان نورساخت به هدایت روزنه‌ای به دست آمد (Ritchie *et al.*, 1990). برای تعیین هدایت میانبرگی، میزان نورساخت در واحد سطح برگ به غلظت دی‌اکسیدکربن درون روزنه‌ای تقسیم شد (Fischer *et al.*, 1998).

۱- A local genotype of diploid freesia (*Freesia refracta* Klatt)

شکل ۱- مراحل رشد گیاهان فریزیا درون گلخانه پژوهشی. الف و ب) گلدان‌های پرشده با بسترهای کشت درون سبدهای پلاستیکی روی میزها قرار گرفتند؛ پ) پس از جوانه زدن پداژه‌ها، تیمارهای کودآبیاری به کار رفتند؛ ت) گلچه‌های کامل‌باز و نیمه‌باز؛ ث و ج) قیم‌های سیمی فلزی برای هر تک بوته به کار رفتند.

Figure 1. Growth stages of freesia plants in the research greenhouse. A and B) Pots filled with substrates were placed in plastic boxes on the benches; C) After corm sprouting, fertigation treatments were applied; D) Fully and half-open florets; E and F) Wire supports were used for each single plant.

شاخص محتوای سبزینه[1] توسط دستگاه سبزینه‌سنج[2] اندازه‌گیری شد. شاخص‌های فلورسانس سبزینه با استفاده از دستگاه سبزینه فلوریمتر[3] اندازه‌گیری شدند. روش کار به این ترتیب بود که پهنک برگ به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی ایجادشده توسط گیره‌های مخصوص قرار گرفت و پس از این مدت، میزان فلورسانس سبزینه بر اساس پارامترهای شاخص کارایی نورساخت و نسبت فلورسانس متغیر به بیشینه ثبت گردید.

شاخص‌های رشد زایشی شامل روز تا گلدهی، ارتفاع ساقه گلدهنده، قطر ساقه گلدهنده و وزن تازه گلچه پس از ورود گیاهان به فاز زایشی اندازه‌گیری و گزارش شد. برای تعیین عملکرد پداژه، پس از خشک شدن کامل برگ‌ها، پداژه‌های دختری و پداژک‌ها برداشت شدند و شمار و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. عملکرد پداژه دختری و پداژک براساس شمار هر یک از آن‌ها در واحد گلدان تعیین گردید.

پژوهش حاضر به صورت یک آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به اجرا درآمد که در آن اثرهای اصلی و برهمکنش دو فاکتور شامل بستر کشت و تغذیه فسفر بررسی شد. بلوک‌بندی براساس وزن پداژه‌ها انجام شد. در مجموع ۲۰ تیمار آزمایشی به کار رفت که در هر تیمار ٦ تکرار وجود داشت و بر این اساس، ویژگی‌های مورد نظر در شمار ۱۲۰ گیاه

۱- Chlorophyll Content Index
۲- SPAD, Konica, P502, Japan
۳- Chlorophyll Fluorimeter - Pocket PEA, Hansatech LTD, UK

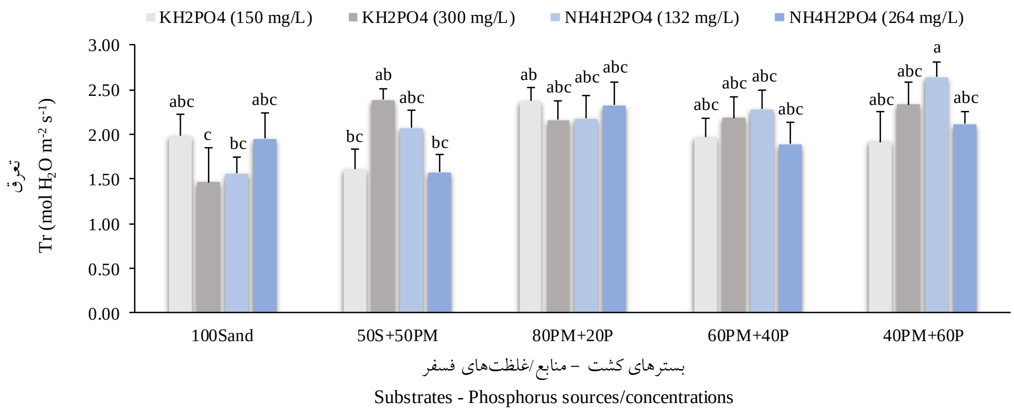
ارزیابی شد. به علت عدم گلدهی همه تیمارها، داده‌های گل با ٤ تکرار آنالیز شد. واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری IBM SPSS Statistics 19 و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، برهمکنش نوع بستر کشت و منبع/غلظت فسفر بر دو شاخص مهم نورساختی یعنی تعرق و هدایت روزنه‌ای و همچنین بر شمار روز تا گلدهی، اثر معنی‌داری داشت. در مقابل، نرخ نورساخت، کارایی مصرف آب آنی، بیشینه کارایی فوتوشیمیایی سیستم نوری دو و شاخص کارایی نورساخت تنها زیر تاثیر نوع بستر کشت قرار گرفتند. اثر اصلی نوع بستر کشت و منبع/غلظت فسفر توانست به صورت معنی‌داری درصد گلدهی را زیر تاثیر قرار دهد. از دید عملکرد اندام زیرزمینی، سه ویژگی مهم وزن پداژه دختری، افزایش در وزن پداژه دختری نسبت به وزن پداژه مادری و همچنین شمار پداژک تنها از نوع بستر کشت تاثیر معنی‌دار پذیرفتند.

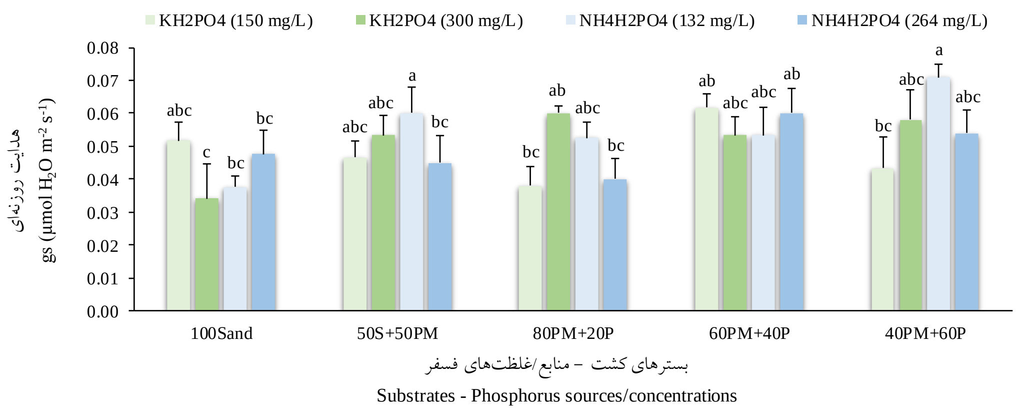
نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که کمترین میانگین نرخ تعرق (۱/٤۷ مول آب بر متر مربع در ثانیه) در گیاهانی مشاهده گردید که درون بستر ۱۰۰٪ شن قرار داشتند و با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر مونوپتاسیم فسفات کودآبیاری شدند. در مقابل، گیاهانی که در بستر پیت‌ماس (٤۰٪) + پرلایت (٦۰٪) کشت شدند و ۱۳۲ میلی‌گرم در لیتر مونوآمونیوم‌فسفات دریافت داشتند با یک افزایش به تقریب دو برابری، بالاترین میانگین نرخ تعرق (۲/٦٤ مول آب بر متر مربع در ثانیه) را نشان دادند (شکل ۲). روندی کامل مشابه در هدایت روزنه‌ای گیاهان مشاهده گردید. به این ترتیب که گیاهان فریزیای درون بستر پیت‌ماس (٤۰٪) + پرلایت (٦۰٪) پس از دریافت ۱۳۲ میلی‌گرم در لیتر مونوآمونیوم‌فسفات یک افزایش دو برابری (۰/۰۷۱ مایکرومول آب بر متر مربع در ثانیه) در هدایت روزنه‌ای برگ‌های خود نسبت به میانگین این صفت (۰/۰۳٤ مایکرومول آب بر متر مربع در ثانیه) در گیاهان بستر شن که با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر مونوپتاسیم فسفات کودآبیاری شدند، نشان دادند (شکل ۳).

بیشترین نرخ نورساخت (۵/۵۹ مایکرومول دی‌اکسیدکربن بر متر مربع در ثانیه) با کاشت گیاهان در بستر پیت‌ماس (۸۰٪) + پرلایت (۲۰٪) به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر نسبت‌های ترکیبی پیت‌ماس + پرلایت نداشت. در مقابل، کمترین میانگین این صفت (٤/۳۵ مایکرومول دی‌اکسیدکربن بر متر مربع در ثانیه) برای گیاهانی ثبت شد که در بستر شن (۵۰٪) + پیت‌ماس (۵۰٪) قرار داشتند (شکل ٤-الف). کمترین (۲/۰۹ مایکرومول دی‌اکسیدکربن به میلی‌مول آب) و بیشترین (۲/۸۷ مایکرومول دی‌اکسیدکربن به میلی‌مول آب) میانگین کارایی مصرف آب آنی به ترتیب در بستر پیت‌ماس (٤۰٪) + پرلایت (٦۰٪) و بستر شن (۱۰۰٪) به دست آمد (شکل ٤-ب). از دید سلامت سیستم نورساختی، گیاهان کشت‌شده در بستر پیت‌ماس (٦۰٪) + پرلایت (٤۰٪) وضعیت بهتری داشتند؛ زیرا بالاترین میانگین دو صفت بیشینه کارایی فوتوشیمیایی سیستم نوری دو (۰/۷۹) و شاخص کارایی نورساخت (۵/٤۱) را از خود نشان دادند (شکل ٤-پ و ت).



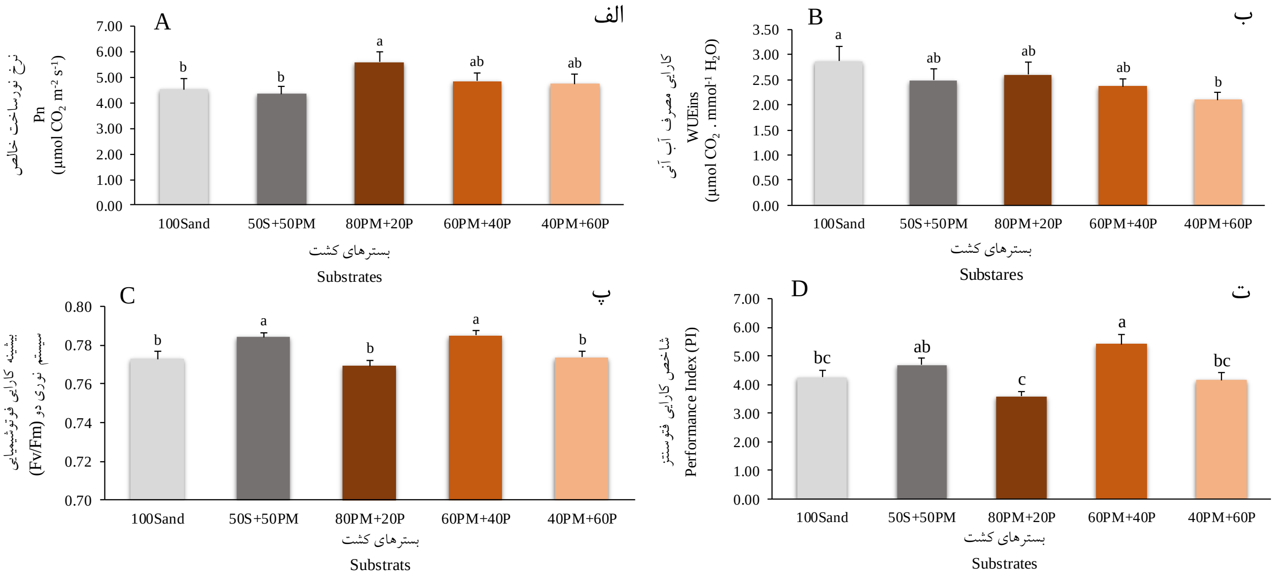
شکل ۲- اثر برهمکنش بستر کشت و منبع/غلظت فسفر بر نرخ تعرق برگ گیاهان فریزیا. میله‌ها بیانگر میانگین ± خطای استاندارد (با ٦ تکرار) هستند. میله‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند. مخفف‌های S، PM و P به ترتیب برای شن، پیت‌ماس و پرلایت به کار رفته‌اند.

Figure 2. The Interaction effect of substrate and phosphorus source/concentration on the transpiration rate of freesia leaves. Bars represent Mean ± SE, n = 6. Bars with the same letters are not significantly different (p ≤0.05) according to Duncan’s Multiple Range Test. S, PM, and P stand for sand, peat moss, and perlite, respectively.



شکل ۳- اثر برهمکنش بستر کشت و منبع/غلظت فسفر بر هدایت روزنه‌ای برگ گیاهان فریزیا. میله‌ها بیانگر میانگین ± خطای استاندارد (با ٦ تکرار) هستند. میله‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند. مخفف‌های S، PM و P به ترتیب برای شن، پیت‌ماس و پرلایت به کار رفته‌اند.

Figure 3. The Interaction effect of substrate and phosphorus source/concentration on the stomatal conductance of freesia leaves. Bars represent Mean ± SE, n = 6. Bars with the same letters are not significantly different (p ≤0.05) according to Duncan’s Multiple Range Test. S, PM, and P stand for sand, peat moss, and perlite, respectively.



شکل ٤- شاخص‌های نورساختی برگ گیاهان فریزیای رشدیافته در ۵ بستر کشت متفاوت و کودآبیاری‌شده با منبع‌ها/غلظت‌های متفاوت فسفر. الف) نرخ نورساخت خالص؛ ب) کارایی مصرف آب آنی؛ پ) بیشینه کارایی فوتوشیمیایی سیستم نوری دو؛ ت) شاخص کارایی نورساخت. میله‌ها بیانگر میانگین ± خطای استاندارد (با ٦ تکرار) هستند. میله‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ٥٪ تفاوت معنی‌داری ندارند. مخفف‌های S، PM و P به ترتیب برای شن، پیت‌ماس و پرلایت به کار رفته‌اند.

Figure 4. The leaf photosynthesis indices of freesia plants grown in five different substrates and fertigated with different phosphorus sources/concentrations. (A) Net photosynthetic rate (Pn); (B) instantaneous water use efficiency (WUEins); (C) Maximal quantum yield of PSII efficiency (Fv/Fm); (D) Performance Index (PI). Bars represent Mean ± SE, n = 6. Bars with the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's Multiple Range Test. S, PM, and P stand for sand, peat moss, and perlite, respectively.

در پژوهشی مشخص شد که کربوهیدرات کل برگ گیاهان فریزیا[1] در بستر شن تنها، به مقدار کمینه (۲٤/٤١ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) خود رسید. در مقابل، با افزودن کمپوست به شن، بیشینه کربوهیدرات کل برگ (۳۱/۹۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) به دست آمد که ناشی از بهبود نورساخت و افزایش ذخیره کربوهیدراتی برگ‌ها با کاربرد جز آلی بود (Bazaraa, 2018). همچنین، گزارش شده است که کربوهیدرات کل برگ در گیاهان فریزیای[2] رشدیافته در بستر پیت‌ماس + پرلایت به صورت معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در بستر خاک + پرلایت یا بستر خاک + پیت‌ماس بود (Khalaf & Saeed, 2020). نتایج پژوهش حاضر از دید بهبود رشد گیاهان فریزیا با افزودن جز آلی به شن یا کشت در بستر پیت‌ماس + پرلایت، همسو با یافته‌های این پژوهشگران است. در گیاهان گلایول[3]، مقدار کربوهیدرات‌های محلول برگ در بستر کوکوپیت (۱) + پرلایت (۳) به طور معنی‌داری بیشتر از بستر کوکوپیت (۳) + پرلایت (۱) بود (Jabbar *et al.*, 2018). در سنبل هم گزارش شده است که در مقایسه با بستر شن یا شن + کوکوپیت، بالاترین نرخ نورساخت در بستر کوکوپیت تنها به دست آمد (Nazari *et al.*, 2011). در مطالعه

۱- *F. refracta* ‘Red Lion’ *grandiflora* Juss.
۲- *F. hybrida*
۳- *Gladiolus grandifloras* ‘Strong’ and ‘White’
۴- *Petunia*

رشد و گلدهی گیاهان اطلسی[4] در پنج بستر متفاوت (خاک سطحی، ورمی‌کمپوست، بایوچار، کوکوپیت و پیت‌ماس) در شرایط گلخانه، مشخص شد که هدایت روزنه‌ای و نرخ نورساخت خالص در بستر پیت‌ماس به بیشینه خود رسید که بسترهای کوکوپیت و ورمی‌کمپوست به ترتیب پس از آن قرار داشتند. کمترین مقدار این دو صفت در بستر خاک سطحی به دست آمد (Khandaker *et al.*, 2019). برای بررسی اثر ویژگی‌های فیزیکی بستر کشت بر فراهمی آب برای ریشه رز[1] و در نتیجه اثر آن بر نرخ تعرق و هدایت روزنه‌ای، بوته‌ها در دو بستر متفاوت شامل آمیخته UC (شامل ۴۲٪ پوست درخت + ۳۳٪ پیت + ۲۶٪ شن) و الیاف نارگیل کشت شدند. مشخص شد که نرخ تعرق گیاهان در بستر الیاف نارگیل ۲۰ تا ۳۰٪ بیشتر از بوته‌های مستقر در آمیخته UC بود. عملکرد گیاهان (شمار گل در بوته) نیز در بستر الیاف نارگیل ۱۹٪ بیشتر از آمیخته UC بود. از آنجایی که شن متخلخل نیست و به علت اندازه ذراتش، درون فضاهای خالی اجزای آلی آمیخته UC قرار می‌گیرد، نتیجه گرفته شد که این بستر از تهویه و فضاهای هوادار کافی برخوردار نبوده است و از این رو، فعالیت ریشه در آن مناسب نبوده است (Raviv *et al*., 2001).

نورساخت یک فرایند فیزیولوژیک بسیار مهم است که تغییرات آن ناشی از تغییر در عوامل روزنه‌ای و یا غیرروزنه‌ای می‌باشد. برای نمونه، هدایت روزنه‌ای یکی از عوامل اثرگذار مهم بر تغییرات نورساخت است. هدایت روزنه‌ای برای تخمین تبادلات گازی مانند جذب دی‌اکسیدکربن یا خروج آب به صورت بخار (تعرق) از روزنه به کار می‌رود و بر اساس عبور مولکول‌های آب از روزنه می‌باشد. در نتیجه، روزنه‌ها از یکسو با خارج نمودن آب به صورت بخار به کاهش دمای گیاه و جذب عناصر کمک نموده و از سوی دیگر با وارد نمودن دی‌اکسیدکربن منجر به فراهم شدن شرایط برای رشد گیاه می‌شوند. به طور کلی، اگر افزایش نورساخت ناشی از عوامل روزنه‌ای باشد که به معنی افزایش هدایت روزنه‌ای است، تعرق نیز افزایش می‌یابد. البته، افزایش هدایت روزنه‌ای به معنی کاهش کارایی مصرف آب است، چون باعث خروج بخار آب بیشتر از بافت‌ها می‌شود (Samartzidis *et al.*, 2005). افزون بر عوامل روزنه‌ای، یکسری از عوامل غیرروزنه‌ای نیز بر نورساخت اثر دارند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد با توجه به اینکه بسترهای کشت به کار رفته اثر معنی‌داری بر شاخص محتوای سبزینه نداشتند، افزایش نورساخت در این بسترها بیشتر می‌تواند به علت عوامل روزنه‌ای رخ داده باشد که افزایش تعرق و هدایت روزنه‌ای از یک سو و کاهش کارایی مصرف آب از سوی دیگر، این موضوع را تایید می‌کنند. این نتایج همسو با پژوهش‌هایی است که نشان داده‌اند نرخ نورساخت، هدایت روزنه‌ای، نرخ تعرق و غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه، تغییرات همسویی دارند. برای نمونه، در گیاهان آفتابگردان زیر تنش خشکی، هرچند کارایی مصرف آب افزایش یافت، اما نورساخت، هدایت روزنه‌ای، تعرق و غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه روند کاهشی نشان دادند (Almeida *et al*., 2020).

بهبود نرخ نورساخت در بسترهای بی‌خاک، به ویژگی‌های فیزیکی (فضاهای هوادار) و شیمیایی (پی‌اچ، ظرفیت تبادل کاتیونی و غیره) آن‌ها برمی‌گردد که در کنار نگهداری بهتر آب، به رشد بهتر ریشه و در نتیجه جذب بهتر عناصر غذایی و زیست‌ساخت هورمون‌ها در ریشه کمک نموده و بر فیزیولوژی و رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارند. زیست‌ساخت هورمون سایتوکاینین در ریشه به تنظیم حرکت روزنه‌ها و هدایت روزنه‌ای کمک می‌نماید (Khandaker *et al*., 2019). همچنین، رشد بهتر ریشه و فراهمی آب منجر به افزایش هدایت روزنه‌ای شده و به دنبال آن جذب دی‌اکسیدکربن و نرخ خالص نورساخت افزایش می‌یابد.

۱- *Rosa* ×*hybrida* ‘Kardinal’

افزون بر این، تعرق و کارایی مصرف آب گیاه ارتباط بسیار نزدیکی با این ویژگی‌های فیزیکی بستر کشت دارند. به این گونه که در بسترهای با تهویه ضعیف به علت عدم توسعه مناسب ریشه، تعرق برگ‌های گیاه کاهش می‌یابد. شرایط بد تهویه‌ای در بستر، با اثر بر نفوذپذیری ریشه و هدایت روزنه‌ای، منجر به کاهش در تعرق می‌شود(Drew & Stolzy, 1991).

از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که در پژوهش حاضر، کمینه کارایی نسبی آب در بسترهای پیت‌ماس + پرلایت نسبت به بیشینه آن در بستر شن در کنار بیشینه تعرق، هدایت روزنه‌ای و نورساخت در این بسترها نشان می‌دهد که گیاهان در بسترهای پیت‌ماس + پرلایت دسترسی بهتری به آب داشته‌اند و همچنین سیستم ریشه آن‌ها رشد و توسعه بهتر داشته است، در حالی که فراهمی آب و توسعه سیستم ریشه در بستر شن کمتر بوده است.

در پژوهش حاضر، افزون بر بستر کشت، تغذیه با کود فسفر نیز بر تعرق و هدایت روزنه‌ای اثر گذاشت. از آنجایی که بیشترین تعرق و هدایت روزنه‌ای با کاربرد غلظت کم مونوآمونیوم فسفات به دست آمد، می‌توان نتیجه گرفت که غلظت/منبع کود فسفر نیز اثر چشمگیری بر فعالیت روزنه‌ها دارد. پژوهش‌های مختلفی نقش مثبت فسفر و نیتروژن بر افزایش هدایت روزنه‌ای را نشان داده‌اند. در گیاه نخود[1]، کوددهی فسفر منجر به افزایش هدایت روزنه‌ای شده است که به دنبال آن کارایی نورساخت و انباشت زیست‌توده افزایش یافت. مشخص گردید که بسته به شکل کود فسفر، مقدار هدایت روزنه‌ای از ٤٥٪ (با کود اورتوفسفات) تا ۷۰٪ (با کود پلی‌فسفات) در شرایط مناسب آبی، افزایش نشان داد (Chtouki *et al.*, 2022). کمبود فسفر در چای منجر به کاهش اندازه دهانه روزنه و در نتیجه کاهش تعرق و به دنبال آن افزایش پتانسیل آبی برگ شده است (Nagarajah & Ratnasuriya, 1978). بهبود شاخص‌های نورساختی از جمله هدایت روزنه‌ای در گیاهان اکالیپتوس با کاربرد فسفر گزارش شده است (Tariq *et al.*, 2019). به طور کلی، کانال‌های یونی پتاسیم و کلسیم با اثر بر تنظیم روزنه به کمک آبسایزیک اسید یا با فعال نمودن یکسری سیگنال‌های پیوسته، در باز و بسته شدن روزنه‌ها دخالت دارند. فسفر نقش مهمی در فعالیت این پمپ‌های یاخته‌های نگهبان روزنه دارد و به باز شدن روزنه، افزایش هدایت روزنه‌ای و افزایش نورساخت کمک می‌نماید. همچنین، کاربرد فسفر منجر به افزایش بیان ژن‌های کانال‌های آکوآپورینی می‌شود که مسئول آسان نمودن حرکت آب از راه غشای یاخته‌ای هستند (Li *et al.*, 2020). در کمبود فسفر، تراکم روزنه و همچنین اندازه و دهانه آن کاهش می‌یابند که منجر به کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به درون گیاه شده و در نهایت نرخ نورساخت کاهش می‌یابد. افزون بر این، کمبود فسفر بر هدایت روزنه‌ای نیز تاثیر می‌گذارد. کمبود فسفر منجر به افزایش غلظت آبسایزیک اسید و همچنین افزایش حساسیت به آن در شرایط غیرتنش در گیاه می‌شود که به دنبال آن هدایت روزنه‌ای کم می‌شود (Iqbal, *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2022).

اثر نیتروژن بر هدایت روزنه‌ای، یک اثر کامل وابسته به غلظت است. برای نمونه گزارش شده است که در زبان گنجشک[2] و بلوط[3] با افزودن سطوح متوسط نیتروژن (٤٦ کیلوگرم در هکتار) به خاک وضعیت بازشدن روزنه‌ها تغییر نمود و هدایت روزنه‌ای و میزان نشت دی‌اکسیدکربن به درون بافت برگ افزایش یافت؛ در حالی که با افزایش سطوح نیتروژن (٦۹ کیلوگرم درهکتار) این اثرات مثبت کاهش یافتند (Zhu *et al.*, 2020). نقش آمونیوم در باز و بسته شدن روزنه‌ها نیز به غلظت آن بستگی دارد. در غلظت بالا، گیاه برای جلوگیری از انباشت آمونیوم روزنه‌های خود را می‌بندد؛ در حالی که نشان داده شده است اگر آمونیوم به

۱- *Cicer arietinum* L.   ۲- *Fraxinus mandshurica* Rupr.   ۳- *Quercus mongolica* Fish. ex Ledeb

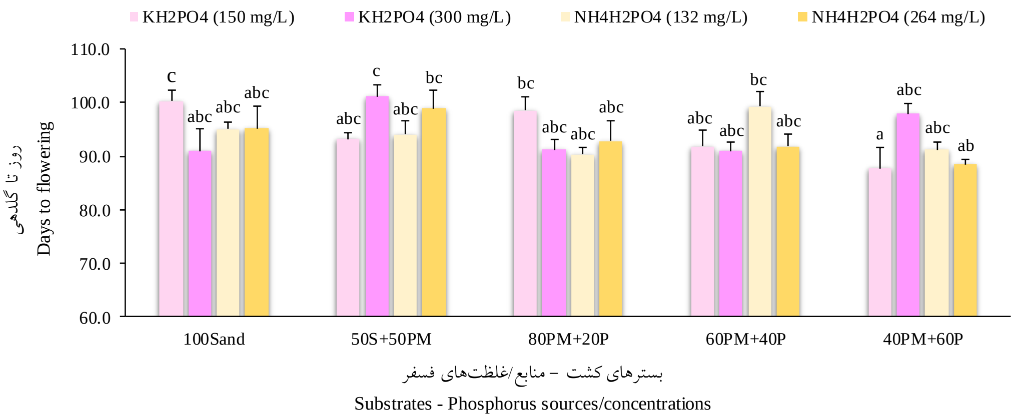
یک عامل تنش‌زا برای گیاه تبدیل نشود، به باز شدن روزنه‌ها و افزایش هدایت روزنه‌ای و به دنبال آن به افزایش ورود دی‌اکسیدکربن و افزایش نورساخت کمک می‌کند (Torralbo *et al.*, 2019). در کنار غلظت، بهینه بودن سایر شرایط نیز روی اثر نیتروژن بر تعرق و باز شدن روزنه‌ها اثر مثبت دارد. برای نمونه، در لوبیا گزارش شده است که اگر رطوبت خاک به نسبت بالا باشد، نیتروژن منجر به افزایش تعرق گیاهان می‌شود. در مقابل، اگر رطوبت به حد پژمردگی برسد، گیاهانی که کود نیتراتی دریافت داشتند، تعرق کمتری نسبت به گیاهانی داشتند که این کود را دریافت نکردند (Shimshi, 1970). در کلزا[1] نیز افزایش نیتروژن منجر به افزایش هدایت روزنه‌ای تا ۲۱٪ شده است. در نتیجه، افزایش هدایت روزنه‌ای با افزایش نیتروژن از دو دید مورفولوژیک و فیزیولوژیک قابل بررسی است. از دید مورفولوژیک، نیتروژن باعث بزرگ‌شدن برگ و افزایش شمار روزنه در واحد سطح می‌شود. از دید فیزیولوژیک، نیتروژن می‌تواند بر تعادل آنیون/کاتیون در یاخته‌ها اثر بگذارد و بر باز شدن روزنه دخالت داشته باشد (Majidi Nasab *et al.*, 2014).

از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش تعرق و هدایت روزنه‌ای گیاهان فریزیا در پژوهش حاضر با کاربرد کود مونوآمونیوم‌فسفات، به حضور فسفر بالا و همچنین مقدار کمی از نیتروژن آمونیومی در ساختار این کود برمی‌گردد که توانسته است با مکانیسم‌های بیان شده، بر فعالیت روزنه‌ها اثر بگذارد و در نهایت هدایت روزنه‌ای را افزایش دهد.

زمان گلدهی گیاهان فریزیا یک ویژگی مهم می‌باشد که زمان بازاررسانی گل و رقابت در بازار فروش را زیر تاثیر قرار می‌دهد. در پژوهش حاضر مشخص شد که با کاشت گیاهان در بستر پیت‌ماس (٤۰٪) + پرلایت (٦۰٪) و کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر مونوپتاسیم فسفات، کوتاه‌ترین شمار روز از کاشت تا گلدهی پداژه (۸۷/۷۵ روز) به دست آمد. در مقابل، گیاهانی که در بستر شن (۵۰٪) + پیت‌ماس (۵۰٪) کشت شدند و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر مونوپتاسیم فسفات دریافت نمودند، با یک تفاوت معنی‌دار، نزدیک به دو هفته دیرتر (۱۰۱/۰۸ روز پس از کاشت) گلدهی داشتند (شکل ۵).

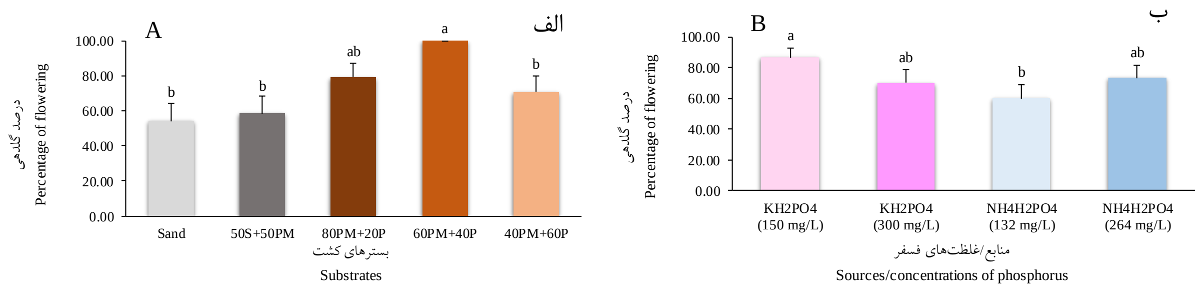
از دید درصد گیاهان گلده، اثر بستر کشت چشمگیرتر از اثر کود فسفر بود. همه گیاهانی که در بستر پیت‌ماس (٦۰٪) + پرلایت (٤۰٪) کشت شدند، موفق به تولید گل شدند که به تقریب دو برابر درصد گلدهی گیاهانی بود که در بستر کشت شن (۱۰۰٪) قرار داشتند و کمینه درصد گلدهی (٥٤/۱۷٪) را نشان دادند (شکل ٦-الف). از دید منبع فسفر، بهترین منبع و غلظت برای گلدهی، تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر مونوپتاسیم فسفات بود که ۸٦/٦۷٪ گیاهان پس از دریافت این تیمار موفق به گلدهی شدند. در مقابل، با کاربرد ۱۳۲ میلی‌گرم در لیتر مونوآمونیوم‌فسفات تنها ٦۰٪ گیاهان گل دادند که کمترین میانگین گلدهی در میان تیمارهای فسفر بود (شکل ٦-ب).

1- *Brassica napus* L.



شکل ۵- اثر برهمکنش بستر کشت و منبع/غلظت فسفر بر شمار روز تا گلدهی گیاهان فریزیا. میله‌ها بیانگر میانگین ± خطای استاندارد (با ٤ تکرار) هستند. میله‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند. مخفف‌های S، PM و P به ترتیب برای شن، پیت‌ماس و پرلایت به کار رفته‌اند.

Figure 5. The Interaction effect of substrate and phosphorus source/concentration on the number of days to flowering of freesia plants. Bars represent Mean ± SE, n = 4. Bars with the same letters are not significantly different (p ≤0.05) according to Duncan's Multiple Range Test. S, PM, and P stand for sand, peat moss, and perlite, respectively.



شکل ٦- اثر الف) بستر کشت و ب) منبع/غلظت فسفر بر درصد گلدهی گیاهان فریزیا. میله‌ها بیانگر میانگین ± خطای استاندارد (با ٤ تکرار) هستند. میله‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند. مخفف‌های S، PM و P به ترتیب برای شن، پیت‌ماس و پرلایت به کار رفته‌اند.

Figure 6. The effect of A) substrate and B) phosphorus source/concentration on the percentage of flowering of freesia plants. Bars represent Mean ± SE, n = 4. Bars with the same letters are not significantly different (p ≤0.05) according to Duncan's Multiple Range Test. S, PM, and P stand for sand, peat moss, and perlite, respectively.

در پژوهشی، اثر سه نوع بستر کشت شامل پیت‌ماس (۱۰۰٪)، پرلایت (۱۰۰٪) و نسبت حجمی مساوی از پیت‌ماس (۵۰٪) + پرلایت (۵۰٪) بر رشد رویشی و گلدهی گیاهان فریزیا[1] بررسی شد. مشخص شد که گیاهان در بستر پیت‌ماس + پرلایت، ۱۳۷ روز پس از کاشت پداژه به گل رفتند که ۱۳ روز زودتر از زمان گلدهی گیاهان در بستر پرلایت بود. همچنین، شمار گلچه در

۱- *F. hybrida* 'Gold Rich'

بستر ترکیبی، حدود ۱/۷ برابر بیشتر از بستر پرلایت بود (Lee, 2017). در پژوهش حاضر نیز در بستر ترکیبی پیت‌ماس + پرلایت گیاهان سریعتر از بستر بدون جز آلی، به گل رفتند. از سویی، گزارش شده است که گیاهان فریزیا[1] در خاک شنی در حد ۳ تا ۵ روز زودتر از بستر خاک شنی (۱) + کمپوست (۱) به گل رفتند که با دیرگلدهی گیاهان در بستر شن در پژوهش حاضر همخوانی ندارد. یک دلیل این است که این پژوهشگران پداژه‌های فریزیا را در فضای باز کشت نمودند؛ در حالی که در پژوهش حاضر، کشت در شرایط گلخانه انجام شد. در فضای باز، خاک‌های شنی به علت جذب بیشتر گرمای خورشید به زودرسی و زودگلدهی گیاهان کمک می‌کنند (Bazaraa, 2018). همچنین، در پژوهشی مشابه، پداژه‌های این رقم از فریزیا در رس، رس (۱) + شن (۱) و شن (۳) + لجن فاضلاب (۱) کشت شدند و مشخص گردید که بالاترین درصد گلدهی در شن (۳) + لجن فاضلاب (۱) به دست آمد (Atowa, 2006). در پژوهش دیگری گزارش شد که زمان گلدهی چهار رقم از فریزیای چارگان[2] زیر تاثیر بستر کشت قرار گرفت. گیاهان در خاک باغچه، کمپوست قارچ و خاک‌برگ به تقریب در یک زمان به گل رفتند (۱۴۲ تا ۱۴۵ روز)، اما با کاربرد کود مرغی در حدود ۱۱ روز گلدهی به تاخیر افتاد که علت آن را حضور نیتروژن بالا در این کود و تاخیر ایجاد شده به علت ترغیب رشد رویشی بیشتر بیان نمودند (Ali *et al.*, 2011).

از آنجایی که فریزیا یک گل بریدنی محبوب می‌باشد، گلدهی همه پداژه‌های کشت‌شده و آن هم در سریع‌ترین زمان ممکن از اهمیت بالایی برخوردار است. در پژوهش حاضر، از دید بستر کشت، بالاترین درصد گلدهی در بستر پیت‌ماس (٪۶۰) + پرلایت (٪۴۰) و کمترین آن در بستر شن به دست آمد. این موضوع به یک اثر مستقیم و یک اثر غیرمستقیم بستر برمی‌گردد. همانگونه که در بحث شاخص‌های نورساختی بیان شد، بستر کشت بی‌خاک یک اثر مستقیم بر بهبود توسعه سیستم ریشه و جذب عناصر غذایی دارد. از سویی، بر سلامت پداژه نیز یک اثر غیرمستقیم دارد. در بستر شن به علت تهویه ضعیف‌تر و فراوانی آب، نرخ پوسیدگی پداژه در طول فصل رشد بالاتر بود و با از بین رفتن کل بوته، درصد گلدهی کاهش یافت. از این رو، می‌توان بیان نمود که به این دو علت، بسترهای بی‌خاک برای گلدهی گیاهان فریزیا بسیار مناسب‌تر می‌باشند.

افزون بر بستر کشت، گلدهی گیاهان فریزیا از نوع کود فسفره به کاررفته در پژوهش حاضر نیز تاثیر پذیرفت. گزارش شده است که فسفر به گلدهی گیاهان فریزیا کمک می‌نماید (Pollock, 1975) و برای رشد رویشی و زایشی بهینه در فریزیا، مقدار فسفر برگ باید ۰/۲۵ تا ٪۰/۳۰ باشد (Thomas *et al.*, 1998). همچنین، برهمکنش بین نیتروژن و فسفر نسبت به حالت کاربرد تکی آن‌ها منجر به افزایش کمیت و کیفیت گل‌آذین فریزیا شده است (Bakly, 1974). نشان داده شده است که کاربرد ۱ تا ۵ گرم در لیتر مونوپتاسیم‌فسفات، شمار گل‌های هر بوته رز را در حدود ۵۰ تا ٪۸۰ افزایش داده است. همچنین، با کاربرد این کود وزن خشک و درشتی گل‌ها افزایش نشان داد (Ma *et al.*, 2021). در پژوهشی اثر غلظت‌های مختلف مونوآمونیوم فسفات در محلول غذایی بر رشد چند گیاه بسترساز مطالعه شد و مشخص گردید که نشانه‌های ظاهری ناشی از غلظت‌های پایین این کود بسته به گونه گیاهی متفاوت بود. برای نمونه، در شمعدانی[3] و مریم‌گلی[4] شمار شاخساره جانبی و گل‌ها کاهش یافت. در اطلسی نیز شمار جوانه‌ها کاهش یافت. در مقابل، شمار شاخساره و گل در حنا زیر تاثیر قرار نگرفت (Baas *et al.*, 1995). در پژوهش

۱- *F. refracta* ‘Red Lion’
۲- Tetraploid
۳- *Pelargonium zonale* ‘Pulsar Red’
۴- *Salvia splendens* ‘Flamex’

دیگری که روی گل مریم در فضای باز انجام شد، مشخص گردید که کوددهی فسفر می‌تواند تا بیش از ۲۰ روز زمان گلدهی را در گیاهان تسریع نماید (Khan *et al.*, 2016).

در پژوهش حاضر، از دید منبع/غلظت کود فسفر، بالاترین درصد گلدهی با کاربرد مونوپتاسیم فسفات به دست آمد که می‌توان دو دلیل را برای این افزایش درصد گلدهی بیان نمود. دلیل نخست این است که کود مونوآمونیوم‌فسفات به علت حضور آمونیوم در ساختار خود بیشتر برای تحریک رشد رویشی گیاه مناسب است و شاید برای مرحله زایشی کود مناسبی نباشد. به هر حال، مونوپتاسیم‌فسفات از دید اثر بر رشد زایشی در نقطه مقابل این کود قرار دارد. از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد مونوآمونیوم‌فسفات تنها در مرحله رشد رویشی و تغییر آن به مونوپتاسیم‌فسفات پیش از شروع مرحله زایشی، یک توصیه کودی منطقی به نظر می‌رسد. دلیل احتمالی دوم برای افزایش گلدهی با کاربرد مونوپتاسیم فسفات می‌تواند به یک اثر غیرمستقیم کاربرد این کود برگردد. به این ترتیب که تامین پتاسیم اضافی به دنبال کاربرد این کود کمک چشمگیری به سلامت پداژه‌ها نموده که در نهایت با کاهش نرخ پوسیدگی آن‌ها به زنده‌مانی بوته و در نتیجه افزایش درصد گلدهی کمک می‌کند.

یکی از اهداف اصلی پژوهش حاضر، افزایش عملکرد پداژه (افزایش شمار و وزن پداژه دختری و پداژک در هر گلدان) این نژادگان فریزیا بود. هرچند از نظر آماری عملکرد پداژه میان نسبت‌های متفاوت از پیت‌ماس + پرلایت تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، اما تغییر در عملکرد پداژه گیاهان کشت‌شده در نسبت‌های مختلف پیت‌ماس + پرلایت نسبت به بستر شن و شن + پیت‌ماس چشمگیر بود. بیشینه وزن پداژه دختری (۷/٤۵ گرم) در بستر پیت‌ماس (٦۰٪) + پرلایت (٤۰٪) به دست آمد که به تقریب ۲/۵ برابر میانگین وزن پداژه‌های دختری تولیدشده در بستر شن (۱۰۰٪) بود که کمینه میانگین ثبت‌شده (۳/۰۲ گرم) برای این صفت بود (شکل ۷-الف). همسو با این صفت، افزایش در وزن پداژه دختری نسبت به وزن اولیه پداژه مادری که نشان‌دهنده مقدار درشت‌تر شدن پداژه‌های تولیدی نسبت به پداژه مادری آن‌هاست، روندی مشابه داشت و با کاشت گیاهان در بستر پیت‌ماس (٦۰٪) + پرلایت (٤۰٪) یک افزایش ۳/۲۸ برابری در وزن پداژه‌های دختری نسبت به وزن پداژه مادری منشا آن‌ها مشاهده گردید که ۲/۵ برابر کمینه این صفت (۱/۲۳ برابر افزایش) در بستر شن (۱۰۰٪) بود (شکل ۷-ب). وزن پداژک‌های تولیدشده در نسبت‌های مختلف پیت‌ماس + پرلایت بسیار به هم نزدیک بود و تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. به هر حال، سنگین‌ترین پداژک‌ها (۲/۹۲ گرم) در بستر پیت‌ماس (٤۰٪) + پرلایت (٦۰٪) به دست آمدند که به تقریب ۲ برابر سنگین‌تر از پداژک‌های تولیدشده در بستر شن خالص (۱/٤۲ گرم) بودند (شکل ۷-پ).

در پژوهشی گزارش شد که کمترین عملکرد پداژه گیاهان فریزیا[1] در بستر شن به دست آمد. در مقابل، افزودن کمپوست به شن توانست رشد رویشی و عملکرد پداژه را بهبود بخشد (Bazaraa, 2018) که نتایج پژوهش حاضر با این گزارش همسو می‌باشد. در یک مطالعه، ٦ ترکیب آلی و معدنی شامل خاک باغچه، پیت، کوکوپیت، شن، ورمیکولایت و پرلایت با نسبت‌ها و حالت‌های ترکیبی (دوتایی، سه‌تایی یا چهارتایی) مختلف آمیخته شدند و به عنوان بستر برای کشت گیاهان فریزیا[2] به کار رفتند. مشخص گردید که با کاشت در بستر پیت + کوکوپیت + پرلایت، شمار پداژه و پداژک به ترتیب ۱/۸ و ۱/۵ برابر نسبت به کشت خاکی افزایش نشان داد (Yan *et al.*, 2018). در پژوهشی دیگر، اثر سه بستر کشت شامل پیت‌ماس، پیت‌ماس (۱) + خاک رس (۱) و

۱- *F. refracta* 'Red Lion'

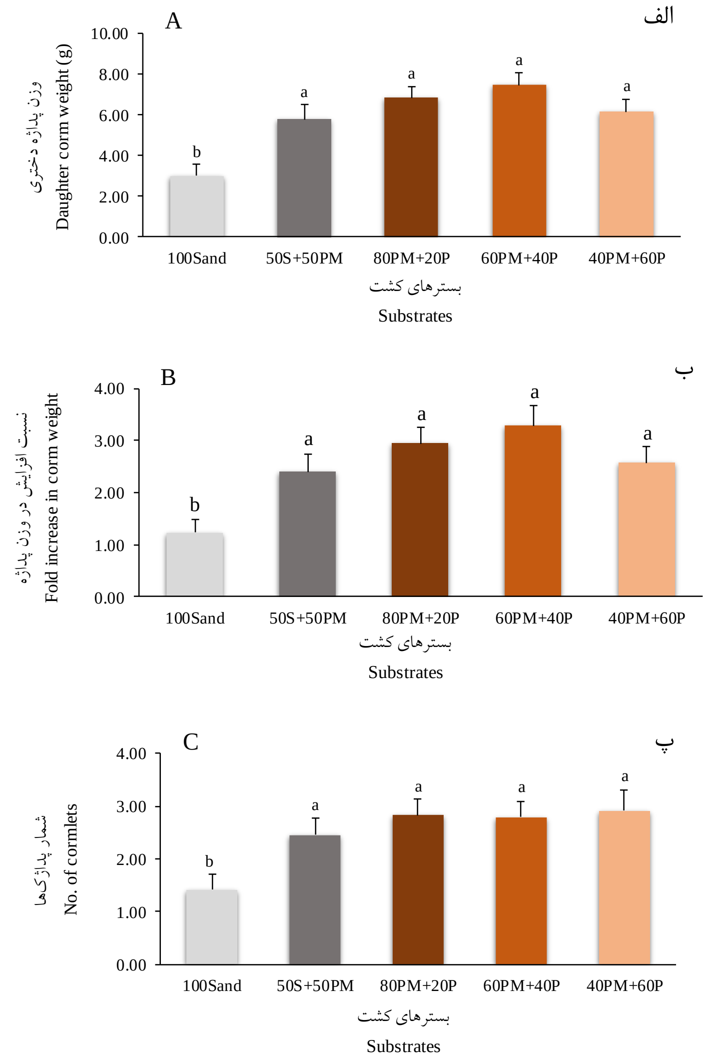
۲- *F. hybrida* 'Shangnong Purple Rose'

پیت‌ماس (۱) + خاک لوم (۱) بر رشد فریزیا[1] بررسی شد. بیشینه عملکرد پداژه در بستر پیت‌ماس به دست آمد (Mosa & Abdulrahman, 2022) که تاییدکننده نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر است. همچنین، آمیخته خاک (۲) + پیت‌ماس (۱) + پرلایت (۱) به عنوان بستری مناسب برای رسیدن به بهترین تولید پداژه فریزیا[2] گزارش شده است (Khalaf & Saeed, 2020). در پژوهشی دیگر نیز بستر پیت‌ماس (۱) + پرلایت (۱) به عنوان بهترین بستر برای بهبود رشد رویشی فریزیا پیشنهاد گردید (Lee, 2017). در یک مطالعه، پداژه‌های گلایل[3] در چهار بستر بی‌خاک شامل شن (۱) + پوسته برنج (۱)، پیت‌ماس (۱) + پرلایت (۱)، پوسته برنج (۱) + پیت‌ماس (۱) و پرلایت (٪۱۰۰) کشت شدند. بیشترین شمار پداژه و پداژک در متر مربع در بستر پیت‌ماس + پرلایت مشاهده گردید؛ به طوری که شمار پداژه و پداژک در این بستر در دو سال آزمایش، در حدود ۱/۵ تا ۲ برابر شمار آن‌ها در بستر پرلایت یکدست بود (El-Hanafy *et al*., 2018). همچنین، در بررسی تولید بی‌خاک زعفران مشخص شد که در بستر پیت (۱) + پرلایت (۱) قطر و وزن تازه پداژک‌ها افزایش معنی‌داری را نشان داد و درصد تولید پداژه‌های دختری با قطر بیش از ٤۰ میلی‌متر در این بستر بیش از بستر پرلایت یکدست بود (Maggio *et al*., 2006).

یکی از دلایل اصلی درشت‌تر شدن اندام‌های زیرزمینی در بسترهای بی‌خاک، شرایط بهتر تهویه، رشد بهتر ریشه و جذب بیشتر آب و مواد غذایی است که خود دو اثر مهم را به دنبال دارد. اثر نخست این است که عناصر معدنی ضروری برای رشد بهتر بافت‌های گیاهی در حد بهینه تامین شده و تنش تغذیه‌ای به کمینه خود می‌رسد. اثر دوم این است که با تامین بهتر آب و مواد معدنی، نرخ نورساخت و تولید کربوهیدرات بالاتر می‌رود که نتایج پژوهش حاضر نیز در این راستا می‌باشد. انتقال کربوهیدرات‌ها و مواد آلی به سمت اندام‌های زیرزمینی یکی از ضروری‌ترین پیش‌نیازها برای تولید پداژه‌های درشت‌تر و پداژک‌های بیشتر است.

هرچند یکی از اهداف اصلی پژوهش حاضر افزایش عملکرد پداژه فریزیا با تغییر در غلظت و منبع فسفر بود، اما از دید منبع/غلظت کود فسفر اثر چشمگیری بر رشد اندام زیرزمینی مشاهده نگردید که می‌توان دو دلیل را برای آن بیان نمود. دلیل نخست این است که فریزیا از نظر ژنتیکی یک گیاه پرمصرف و با نیاز تغذیه‌ای بالا به حساب نمی‌آید که پژوهش‌های پیشین نیز نشان داده‌اند اغلب، بالابردن غلظت کودها تاثیری زیادی بر افزایش رشد گیاه فریزیا نخواهد داشت. به طور کلی، این باور وجود دارد که گیاهان فریزیا به سطوح کمی از عناصر غذایی نیاز دارند، هرچند که این سطوح به مرحله رشدی گیاه وابستگی زیادی دارد (Thomas *et al*., 1998). بیان شده است که به طور معمول، نابسامانی‌های تغذیه‌ای در گیاهان فریزیا به ندرت مشاهده می‌شوند که بخشی از آن به علت وجود ذخیره غذایی بالا در پداژه‌های این گیاه است (Roorda van Eysinga & Nederpel, 1984). به هر حال، پژوهش‌هایی نیز وجود دارند که نتایج متفاوتی را گزارش نموده‌اند. علت این تفاوت‌ها می‌تواند منشا تکثیری گیاه (بذر یا پداژه) و ترکیب متفاوت و مشخص‌نشده عناصر غذایی در بستر باشد (Thomas *et al*., 1998). از سوی دیگر، کافی بودن غلظت عناصر ضروری و به ویژه فسفر در فرمول غذایی به کار رفته برای گیاهان مورد مطالعه را می‌توان دلیل دوم برای اثر نپذیرفتن عملکرد پداژه از افزایش غلظت کود فسفر دانست. به عبارتی، این نتیجه را می‌توان گرفت که گیاهان فریزیای مورد مطالعه به سطوح بالاتری از غلظت فسفر موجود در محلول غذایی به کاررفته نیاز نداشتنند.

۱- *F. refracta* ۲- *F. hybrida* ۳- *Gladiolus grandifloras* L. ‘Nova Lux’



شکل ۷- اثر بستر کشت بر الف) وزن پداژه دختری، ب) افزایش در وزن پداژه دختری نسبت به پداژه مادری و پ) شمار پداژک‌های گیاهان فریزیا. میله‌ها بیانگر میانگین ± خطای استاندارد (با ٦ تکرار) هستند. میله‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ٥٪ تفاوت معنی‌داری ندارند. مخفف‌های S، PM و P به ترتیب برای شن، پیت‌ماس و پرلایت به کار رفته‌اند.

Figure 7. The effect of substrate on the A) daughter corm weight, fold increase in corm weight, and number of cormlets of freesia plants. Bars represent Mean ± SE, n = 6. Bars with the same letters are not significantly different (p ≤0.05) according to Duncan's Multiple Range Test. S, PM, and P stand for sand, peat moss, and perlite, respectively.

به عنوان نتیجه‌گیری نهایی، پس از ارزیابی همه صفات، برترین بستر کشت و منبع/غلظت فسفر از دید گلدهی و عملکرد پداژه، بستر کشت پیت‌ماس (٦٠٪) + پرلایت (٤٠٪) و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر مونوپتاسیم فسفات می‌باشد. بستر کشت پیت‌ماس (٤٠٪) + پرلایت (٦٠٪) در رتبه دوم قرار دارد. هرچند این احتمال وجود دارد که با کاربرد تنها کود مونوپتاسیم فسفات نرخ پوسیدگی پداژه‌های مادری کاهش یابد، بهترین توصیه کودی هم می‌تواند کاربرد مونوآمونیوم فسفات در مرحله رویشی و جایگزینی آن با مونوپتاسیم فسفات در مرحله زایشی باشد. البته، با توجه به قیمت گل بریدنی فریزیای دوگان در ایران، پرورش بی‌خاک آن

در سطح تجاری، به بررسی‌های اقتصادی نیاز دارد. به هر حال، نتایج مطالعه حاضر، برای پرورش این نژادگان فریزیا در پژوهش‌های علمی یا باغبانی خانگی، کاربردی خواهد بود.

منابع

Abdul-Jabbar, N.I., Khandan-Mirkohi, A., Salami, S.A., Saremi, H., Shahbazi, S. (2025). Enhancing freesia (*Freesia armstrongii*) growth and yield through *Trichoderma*-mediated biocontrol of *Fusarium* wilt. *International Journal of Horticultural Science and Technology, 12*(1), 43-58.

Abobatta, W., Abd Alla, M. (2023). Role of phosphates fertilizers in sustain horticulture production: Growth and productivity of vegetable crops. *Asian Journal of Agricultural Research*, *2*(17), 1.

Ahmad, I., Tanveer, M.U., Liaqat, M., Dole, J.M. (2019). Comparison of corm soaks with preharvest foliar application of moringa leaf extract for improving growth and yield of cut *Freesia hybrida*. *Scientia Horticulturae*, *254*, 21-25.

Ali, T., Khattak, A.M., Amin, N.U., Khan, M.A. (2011). Response of freesia cultivars to different growing media under Peshawar conditions. *Sarhad Journal of Agriculture*, *27*(1), 43-49.

Almeida, G.M., Silva, A.A.D., Batista, P.F., Moura, L.M.D.F., Vital, R.G., Costa, A.C. (2020). Hydrogen sulfide, potassium phosphite and zinc sulfate as alleviators of drought stress in sunflower plants. *Ciência e Agrotecnologia*, *44*, e006320.

Atowa, D.I. (2012). Effect of growing media, organic and bio-fertilizers on growth and flowering of *Freesia refracta* cv. Red Lion. MS Thesis, Cairo University, Egypt.

Azimi, M.H. 2023. Intervarietal hybridization and observation of high-quality offspring of cut freesia flowers. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *10*(1), 11-22.

Baas, R., Brandts, A., Straver, N. (1995). Growth regulation of bedding plants and poinsettia using low phosphorus fertilization and ebb-and flow irrigation. *Acta Horticulturae*, *378*(378), 129-137.

Bakly, S.A. (1974). Effect of fertilization treatments and dates on production of freesia corms. *Agricultural Research Review*, *52*, 101-108.

Bazaraa, W.M. (2018). Improving the growth, flowering and corm production of *Freesia refracta* cv. Red Lion by using some growing media and fertilization treatments. *Middle East Journal of Agriculture Research*, *7*(4), 1381-1394.

Blok, C., Kromwijk, J.A.M. (2014). Freesia op substraat: praktijkproeven 2013 en 2014. (Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw; No. 1309), 22p. Bleiswijk: Wageningen UR Glastuinbouw (in Dutch).

Chtouki, M., Laaziz, F., Naciri, R., Garré, S., Nguyen, F., Oukarroum, A. (2022). Interactive effect of soil moisture content and phosphorus fertilizer form on chickpea growth, photosynthesis, and nutrient uptake. *Scientific Reports*, *12*(1), 6671.

Dole, J.M., Wilkins, H.F. (2005). Floriculture: Principles and Species, 2nd ed.; Prentice Hall Inc.: Upper Saddle River, NJ, USA.

Drew, M.C., Stolzy, L.W. (1991) Growth under oxygen stress. In: Waisel Y., Eshel A., Kafkafi U. (Eds.) Plant Roots: The Hidden Half, M. Dekker, New York, 331-350.

El-Hanafy, S.H., Helmy, S.S., Dahab, A.A., Metwally, N.E., Hamed, W.R. (2018). Evaluating different soilless culture substrates for growth, flowering and quality of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus*). *Middle East Journal of Agriculture Research*, *7*(3), 944–957.

Fischer, R. A., Rees, D., Sayre, K. D., Lu, Z. M., Condon, A. G., Saavedra, A. L. (1998). Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Science*, 38(6), 1467-1475.

FloraHolland, R. (2018). Royal FloraHolland Annual Report 2017.

Gruda, N.S. (2019). Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems. *Agronomy*, 9, 298.

Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1950). The Water-Culture Method of Growing Plants without Soil, Circular 347, Agricultural Experiment Station, University of California, Berkeley, CA.

Hourani, W. (2023). Effect of fertilizers on growth and productivity of saffron: a review. *Agronomy Research*, *21(1)*, 87-105.

Iqbal, A., Huiping, G., Qiang, D., Xiangru, W., Hengheng, Z., Xiling, Z., Meizhen, S. (2023). Differential responses of contrasting low phosphorus tolerant cotton genotypes under low phosphorus and drought stress. *BMC Plant Biology*, *23*(1), 168.

Isidra-Arellano, M.C., Delaux, P.M., Valdés-López, O. (2021). The phosphate starvation response system: its role in the regulation of plant–microbe interactions. *Plant and Cell Physiology*, *62*(3), 392-400.

Jabbar, A., Tehranifar, A., Shoor, M., Nemati, S.H. (2018). Effect of different media on some growth, flowering and biochemical parameters of two cultivars of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) under soilless conditions. *Journal of Ornamental Plants*, *8*(3), 205-215.

Khalaf, Y.F., Saeed, A.K.A.M. (2020). Response of freesia (*Freesia hybrida*) to growth medium and foliar spray with marine algae extract (alga plant). *Plant Archives*, *20*(2), 65-70.

Khalaj, M.A., Azimi, M.H., Yousefbeigi, A. (2023). Effect of different growing media on morpho-physiological, biochemical and nutrient uptake characteristics of amaryllis (*Hippeastrum* spp.) under vegetative growth period. *Plant Production*, *45*(4), 519-531.

Khan, S., Jan, I., Ullah, H., Iqbal, J., Iqbal, S., Shah, S.H.A., Khan, A.A. (2016). Influence of phosphorus and bulb size on flower and bulblet production of tuberose. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, *16*(1), 191-197.

Khandaker, M.M., Rahmat, S., Alias, N., Mohd, K.S., Nashriyah, M.A.T. (2019). The effects of different growing media on growth, flowering and quality of *Petunia grandiflora*. *Journal of Agricultural Sciences*, *25*(3), 373-383.

Koocheki, A., Seyyedi, S.M., Eyni, M.J. (2014). Irrigation levels and dense planting affect flower yield and phosphorus concentration of saffron corms under semi-arid region of Mashhad, Northeast Iran. *Scientia Horticulturae*, *180*, 147-155.

Kromwijk, J.A.M., Os, E.A. (2020). Advances in soilless culture of ornamentals. In: Gruda N.S. (Ed.). Advances in horticultural soilless culture. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing Limited, 442p.

Lee, J.J. (2017). Effect of substrates on the growth and flowering of *Freesia hybrid* 'Gold Rich' in nutrient culture. *Horticultural Science & Technology*, *35*(1), 30-37.

Lee, K.H., Hahm, S.S., Oh, S.H., Lee, E.M. (2008). Optimum nitrogen, phosphorus and potassium concentrations in nutrient solutions for oriental hybrid lily bulb production for forcing. *Acta Horticulturae*, 129-134.

Legnani, G., Watkins, C.B., Miller, W.B. (2004). Light, moisture, and atmosphere interact to affect the quality of dry-sale lily bulbs. *Postharvest Biology and Technology*, *34*(1), 93-103.

Li, L., Pan, S., Melzer, R., Fricke, W. (2020). Apoplastic barriers, aquaporin gene expression and root and cell hydraulic conductivity in phosphate-limited sheepgrass plants. *Physiologia Plantarum*, *168*(1), 118-132.

Lopez, G., Ahmadi, S.H., Amelung, W., Athmann, M., Ewert, F., Gaiser, T., Gocke, M.I., Kautz, T., Postma, J. Rachmilevitch, S., Schaaf, G., Schnepf, A., Stoschus, A., Watt, M., Yu, P., Sabine, S.J. (2023). Nutrient deficiency effects on root architecture and root-to-shoot ratio in arable crops. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 1067498.

Ma, Q., Wang, X., Yuan, W., Tang, H., Luan, M. (2021). The optimal concentration of KH_2PO_4 enhances nutrient uptake and flower production in rose plants via enhanced root growth. *Agriculture*, *11*(12), 1210.

Maggio, A., Raimondi, G., Martino, A., De Pascale, S. (2006). Soilless cultivation of saffron in Mediterranean environment. *Acta Horticulturae*, *718*, 515-522.

Majdi Nasab, H., Siadat, S.A., Naderi, A., Lack, S., Modhej, A. (2014). The effects of drought stress and nitrogen levels on yield, stomatal conductance and temperature stability of rapeseed (canola) genotypes. *Advances in Environmental Biology*, 1239-1248.

Mosa, H.F., Abdulrahman, Y.A. (2022). Response of freesia (*Freesia refracta* L.) plant to different growth media, calcium chloride and gibberellic acid. *Journal of Duhok University*, *25*(2), 144-154.

Nagarajah, S., Ratnasuriya, G.B. (1978). The effect of phosphorus and potassium deficiencies on transpiration in tea (*Camellia sinensis*). *Physiologia Plantarum*, *42*(1), 103-108.

Nazari, F., Farahmand, H., Khosh-Khui, M., Salehi, H. (2011). Effects of coir as a component of potting media on growth, flowering and physiological characteristics of hyacinth (*Hyacinthus orientalis* L. cv. Sonbol-e-Irani). *International Journal of Agriculture and Food Science*, *1*(2), 34-38.

Pollock, R.D. 1975. Flower crops in peat substrates. *Acta Horticulturae, 151*,107-113.

Raviv, M., Lieth, J.H., Burger, D.W., Wallach, R. (2001). Optimization of transpiration and potential growth rates of 'Kardinal' rose with respect to root-zone physical properties. *Journal of American Society for Horticultural Science*, *126*(5), 638-643.

Resh, H.M. (2013). *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. CRC press.

Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., Holaday, A.S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, *30*(1), 105-111.

Roorda van Eysinga, J.P.N.L., Nederpel, W.A.C. (1984). Nutrient disorders of freesias. Symptoms of deficiency and excess through playing about with elements. *Vakblad voor de Bloemisterij, 39(22)*, 46-49

Samartzidis, C., Awada, T., Maloupa, E., Radoglou, K., Constantinidou, H.I. (2005). Rose productivity and physiological responses to different substrates for soil-less culture. *Scientia Horticulturae, 106*(2), 203-212.

Scagel, C.F., Schreiner, R.P. (2006). Phosphorus supply alters tuber composition, flower production, and mycorrhizal responsiveness of container-grown hybrid *Zantedeschia*. *Plant and Soil*, *283*, 323-337.

Shimshi, D. (1970). The effect of nitrogen supply on transpiration and stomatal behaviour of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *New Phytologist*, *69*(2), 405-412.

Tariq, A., Pan, K., Olatunji, O.A., Graciano, C., Li, Z., Li, N., Song, D., Sun, F., Wu, X., Dakhil, M.A, Sun, X., Zhang, L. (2019). Impact of phosphorus application on drought resistant responses of *Eucalyptus grandis* seedlings. *Physiologia Plantarum*, *166*(4), 894-908.

Thomas, M., Matheson, S., Spurway, M. (1998). Nutrition of container-grown freesias. *Journal of Plant Nutrition*, *21*(12), 2485-2496.

Torralbo, F., González-Moro, M.B., Baroja-Fernández, E., Aranjuelo, I., González-Murua, C. (2019). Differential regulation of stomatal conductance as a strategy to cope with ammonium fertilizer under ambient versus elevated CO_2. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 597.

Van Os, E.A., Beerling, E.A.M., Blok, C., Janse, J., Leyh, R., van Ruijven, J.P.M., van der Staaij, M., Kaarsemaker, R. (2019). Zero discharge of nutrients and pesticides to the environment in hydroponic production. *Acta Horticulturae*, *1266*, 443–450.

Vianii, G., Caldiz, D.O. (2021). Phosphorus use efficiency, tuber yield and quality in potato processing varieties grown under different P levels in the Argentinian Pampas. *Revista Latinoamericana de la Papa*, *25*(2), 39-54.

Wilson, S.B., Stoffella, P.J. Graetz, D.A. (2003). Compost amended media and irrigation system influence containerized perennial Salvia. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 128*(2), 260-268.

Yan, Z., Wu, Y., Sun, Y., Tang, D. (2018). Study on compound substrate cultivation of *Freesia hybrida*. *Journal of Agricultural Science and Technology (Beijing)*, *20*(8), 149-154.

Zhang, Y., Li, T.T., Wang, L.F., Guo, J.X., Lu, K.K., Song, R.F., Zuo, J.X., Chen, H.H., Liu, W.C. (2022). Abscisic acid facilitates phosphate acquisition through the transcription factor ABA INSENSITIVE5 in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*, *111*(1), 269-281.

Zhu, K., Wang, A., Wu, J., Yuan, F., Guan, D., Jin, C., Zhang, Y., Gong, C. (2020). Effects of nitrogen additions on mesophyll and stomatal conductance in Manchurian ash and Mongolian oak. *Scientific Reports*, *10*(1), 10038.

Flower and Ornamental Plants (2024), 9(2): 221-240
Research article

The effects of substrate composition and phosphorus source on the photosynthetic indexes, flowering time, and corm production of *Freesia refracta* Klatt

Samira Haghnegahdar[1], Ali Pourkhaloee[1*], Hamid Reza Karimi[1], Mohammad Hossein Azimi[2]

1. Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan
2. Ornamental Plants Research Center (OPRC), Horticultural Sciences Research Institute (HSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mahallat

alipourkhaloee@vru.ac.ir

Received: 2024/10/13, Revised: 2024/11/03, Accepted: 2024/11/09

Abstract

In the present study, corms of a local diploid genotype of freesia (OPRC434) were planted in sand (100%), sand (50%) + peat moss (50%), peat moss (80%) + perlite (20%), peat moss (60%) + perlite (40%), and peat moss (40%) + perlite (60%). After corm sprouting, plants received monopotassium phosphate (150 or 300 mg/L) or monoammonium phosphate (132 or 264 mg/L). Plants in peat moss (40%) + perlite (60%) that received 132 mg/L of monoammonium phosphate, showed the highest average of stomatal conductance (0.071 µmol H_2O m^{-2} s^{-1}) with an increase of approximately twofold. The photosynthesis rate did not show a significant difference among different ratios of peat moss + perlite. In peat moss (40%) + perlite (60%) and by the application of 150 mg/L of monopotassium phosphate, the minimum number of days from planting to flowering was obtained (87.75 d). All the plants grown in peat moss (60%) + perlite (40%) managed to produce flowers, which was almost twice the flowering percentage of the plants grown in sand (100%). The maximum average weight of daughter corms (7.45 g) was obtained in peat moss (60%) + perlite (40%), which was approximately 2.5 times the average weight of daughter corm produced in sand (100%). The heaviest cormlets (2.92 g) were obtained in the peat moss (40%) + perlite (60%), which were almost 2 times heavier than the cormlets produced in the 100% sand (1.42 g). Considering flowering and yield, peat moss (60%) + perlite (40%) and 150 mg/L monopotassium phosphate were the best and most economical substrates and source/concentration of phosphorus. However, considering the cut flower price of diploid freesia in Iran, its soilless cultivation at the commercial level needs economic assessments. However, the results of the present study will be useful for growing this freesia genotype in scientific research or home gardening.

Keywords: Mono-ammonium phosphate, Mono-potassium phosphate, Photosynthesis, Stomatal conductance, Transpiration.